

## دراسة التلوث الإشعاعي في تربة وبقايا (مخلفات) الحروب في مدينة الفلوجة باستخدام كاشف الأثر النووي CR-39

نبيل إبراهيم فواز  
أحمد مظفر أحمد  
قسم الفيزياء - - جامعة الأنبار - كلية العلوم

### الخلاصة:

تم في هذا البحث دراسة عملية لتقدير تركيز اليورانيوم ( $^{238}U$ ) من خلال قياس تركيز غاز الرادون ( $^{222}Rn$ ) لعينات مختلفة شملت تراب وقطع معدنية من مواقع مختلفة من مدينة الفلوجة التي تعرضت لعمليات حربية بالإضافة إلى مواقع أخرى لم تتعرض لأي قصف مباشر بمدينة الفلوجة، عن طريق تسجيل آثار جسيمات ألفا المنبعثة من غاز الرادون باستخدام كاشف الأثر النووي (CR-39). وجد بأن أعلى تركيز لليورانيوم ولغاز الرادون كان في حي الجولان بحدود  $\{ (0.0393 \text{ ppm}) \}$  ،  $\{ (Bq/m^3) \}$  ، 86.55 على التوالي. وأقل تركيز قُدر لليورانيوم ولغاز الرادون كان في حي الجامعة بحدود  $\{ (0.0129 \text{ ppm}) \}$  ،  $\{ (Bq/m^3) \}$  (28.49) على التوالي. لا يوجد تلوث إشعاعي ناتج عن اليورانيوم ووليداته في مدينة الفلوجة مما يدل على عدم تعرض المنطقة لضربات باليورانيوم المنضب.

كلمات مفتاحية: التلوث الإشعاعي ، تربة ، الفلوجة ، كاشف الأثر النووي CR-39

### المقدمة:

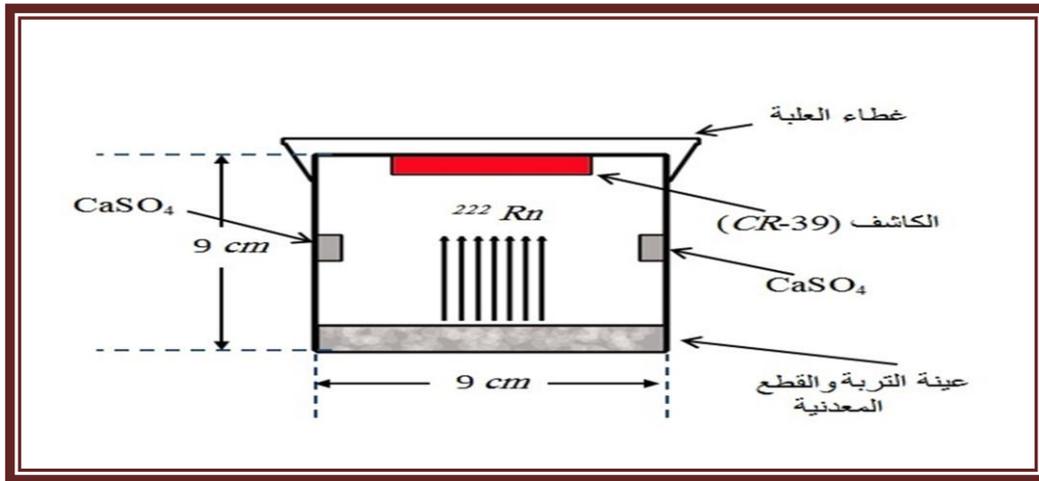
اليورانيوم والثوريوم والراديووم معادن ثقيلة مشعة تنشأ طبيعياً في التربة حيث يمثل اليورانيوم النسبة الأكثر وجوداً في قشرة الأرض ويميل أيضاً إلى الانتشار خلال التربة<sup>[1]</sup>. ويشكل اليورانيوم-238 حوالي (99.27%) من إجمالي اليورانيوم الطبيعي، بينما يمثل اليورانيوم-235 حوالي (0.72%) و اليورانيوم-234 حوالي (0.0055%) ولنظائر اليورانيوم أعمار نصفية طويلة. فالعمر النصف لليورانيوم-238 يبلغ حوالي (4.5 billion years)، ولليورانيوم-235 حوالي (700 million years)، ولليورانيوم-234 حوالي (240,000 years). ويُعتقد أن جزءاً كبيراً من حرارة باطن الأرض تنتج عن الإشعاع الصادر عن اليورانيوم<sup>[2]</sup>. اليورانيوم المنضب هو المادة المتبقية من سلسلة عمليات تخصيب معدن اليورانيوم الخام وهو يمثل تقريباً 60% من الإشعاعية المحققة لليورانيوم الطبيعي. يحتوي اليورانيوم المنضب على نسبة قليلة من  $^{235}U$  و  $^{234}U$  والتي قد خُفضت أثناء عمليات الاستنزاف أو التنضيب<sup>[3]</sup>. الرادون هو غاز مشع عديم اللون والطعم والرائحة وهو أحد عناصر الجدول الدوري ويقع ضمن مجموعة الغازات النبيلة (كالهيليوم والنيون والزينون وغيرهم)، وهو من الغازات الخاملة كيميائياً بسبب استقراره الإلكترونية لامتلاكه ثمانية إلكترونات في قشرته الخارجية. عدده الذري 86 والعدد الكتلي لنظيره الأكثر استقراراً هو 222 ، وتبلغ كثافته  $9.7 \text{ Kg.m}^{-3}$  ، ودرجة غليانه  $(-61.8)^\circ\text{C}$  ، ودرجة انجماده  $(-71)^\circ\text{C}$ <sup>[4]</sup>. معظم العناصر المشعة الموجودة في الطبيعة تنتمي غالباً إلى أربع سلاسل انحلال رئيسية (Decay Series) هي اليورانيوم ( $^{238}U$ ) والاكثينيوم ( $^{235}Ac$ ) والثوريوم ( $^{232}Th$ ) والنيبتونيوم

**1. جمع وتحضير العينات:** تم جمع عينات من التربة وبقياء قطع معدنية من مناطق الدراسة وجميعها مناطق مكشوفة والتي شملت مواقع مختلفة من مدينة الفلوجة تمثلت بالأحياء التالية ( حي المعتصم، حي الشرطة، حي المعلمين الأولى، حي المعلمين الثانية، حي الرصافي، حي الأندلس، حي الجيفي الأولى، حي الجيفي الثانية، حي السلام، الثرثار، حي الجولان، حي الرسالة الأولى، حي الرسالة الثانية، دور السكك، دور السمات، حي الضباط الأولى، حي الضباط الثانية، حي ٧ نيسان، حي الوحدة، حي الجمهورية، الحي الصناعي، حي جبيل (الخضراء)، حي الشهداء الأولى، حي الشهداء الثانية (البرموك)، حي نزال، حي التأميم، الحي العسكري (القادسية)، حي المهندسين، حي الجامعة وحي الأمين). تم تحضير العينات وإزالة الأجسام الغريبة والشوائب منها وطخت عينات التربة باستخدام طاحونة يدوية ثم أعيد طحنها ثانية وبعدها تم نخلها بمنخل قطره  $2\text{ mm}$  للحصول على مسحوق ناعم ومتجانس من حيث توزيع المادة المشعة فيه، أما العينات المعدنية فتم تقطيعها إلى قطع صغيرة، وهبأت العينات بمواصفات معينة للكشف عن الإشعاع الناتج من غازي الرادون والثورون اللذان هما أحد نواتج انحلال سلسلتي اليورانيوم والثوريوم.

**2. عملية التعرض الطبيعي لحساب تراكيز اليورانيوم والرادون**  
وضعت عينات من التراب والقطع المعدنية بوزن (100 gm) في علب بلاستيكية محكمة الغلق بأبعاد  $(9 \times 9\text{ cm}^2)$ ، وتركت العينات لمدة (22 يوماً) وذلك للوصول إلى حالة التوازن المثالي بين الراديوم ووليداته من نظائر الرادون. بعد انتهاء المدة المحددة استبدل غطاء العلب بغطاء آخر مثبت عليه كاشف الاثر النووي (CR-39) ذو سمك  $(200\ \mu\text{m})$  وبمساحة تقريبية  $(2 \times 1\text{ cm}^2)$  وتم وضع حافظات ورقية شفافة صغيرة الحجم تحوي مسحوق كبريتات الكالسيوم ( $\text{CaSO}_4$ ) الماصة للرطوبة داخل العلب البلاستيكية وأحكم غلق الغطاء وذلك لضمان عدم تسرب غازي الرادون والثورون إلى الخارج وتسجيل جسيمات ألفا لمدة خمسة وثلاثين يوماً (فترة التعرض الطبيعي) كما في الشكل (1) مع تجنب تحريك العلب البلاستيكية خلال هذه المدة.

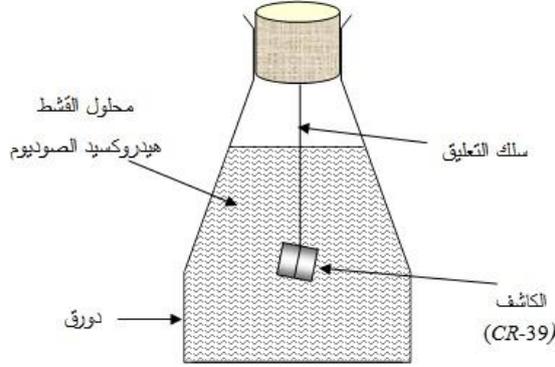
وغيرها ومدى تأثير هذه المواد المشعة في الكائنات الحية<sup>[8]</sup>. لذلك أستعملت تقنيات مختلفة للكشف عن المواد المشعة كالقياسات الطيفية لأشعة كاما (Gamma Rays Spectrometry) وفلورة الأشعة السينية (X-Rays Fluorescence)، والتحليل بالتنشيط النيوتروني (Neutron Activation Analysis) وكواشف الأثر النووي للحالة الصلبة (Solid State Nuclear Track Detectors) يفضل استعمال التقنية الأخيرة لأنها بسيطة ولا تحتاج إلى أجهزة معقدة وغير مكلفة كما أنّ كفاءتها عالية للكشف عن التراكيز الواطنة. كواشف الاثر عبارة عن مواد صلبة عازلة كهربائياً لها القابلية على خزن تأثير الإشعاعات الجسيمية المؤينة على شكل تلف (ضرر) في تركيبها الداخلي والاحتفاظ به لمدة طويلة. يمكن مشاهدة مناطق التلف إما باستعمال المجهر الإلكتروني مباشرة أو باستعمال المجهر الضوئي بعد معاملتها ببعض المحاليل الكيميائية القاشطة. تهاجم المواد القاشطة المناطق التي تعرضت للإشعاع (المناطق التالفة) بمعدل أكبر من المناطق السليمة لان هذه المناطق أكثر هشاشة من المناطق التي لم تتعرض للإشعاع لامتلاكها طاقة حرة أكبر من المناطق السليمة بسبب سقوط الجسيمات المشحونة عليها. تستطيع المواد الكاشفة هذه الكشف عن الجسيمات المشحونة الثقيلة التي كتلتها أكبر من كتلة الإلكترونات مثل البروتونات وجسيمات ألفا وشتايا الانشطار وكذلك لها القابلية على الكشف عن النيوترونات خلال الآثار التي تحدثها البروتونات المرتدة عند سقوط النيوترونات على تلك الكواشف، وهي تعد من التقنيات المهمة في تحديد تراكيز المواد المشعة وذلك بسبب دقتها وعدم حاجتها إلى منظومات معقدة<sup>[10]</sup>. ونظراً لكثرة الأمراض الغريبة التي انتشرت في مدينة الفلوجة بعد الحروب التي جرت فيها، فقد بدأت الحاجة لدراسة أسبابها وشملت عدة اختصاصات علمية. وضمن مجال اختصاص الفيزياء تم الكشف عن الإشعاع الناتج من احتمال تعرض المدينة لضربة قنابل يورانيوم منضب من خلال الكشف عن اليورانيوم والرادون.

### المواد وطرائق العمل:



الشكل (1) عملية تعرض الكاشف للرادون لنماذج التربة والقطع المعدنية

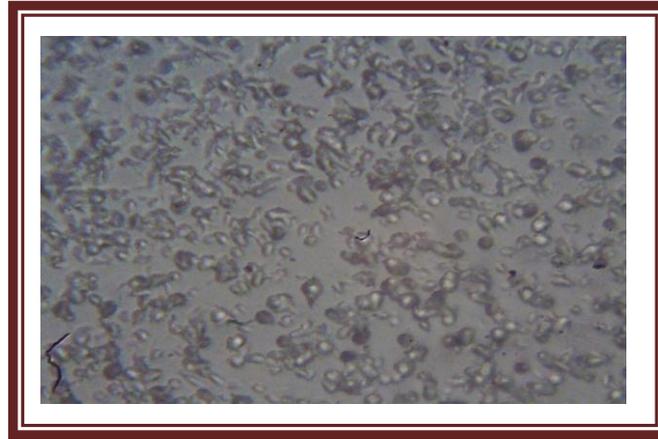
3. القشط الكيميائي والمشاهدة المجهرية  
 أُجريت عملية القشط الكيميائي للكواشف بعد مرحلة  
 التعرض لحساب تراكيز اليورانيوم والراديوم باستخدام محلول  
 هيدروكسيد الصوديوم المائي ( $NaOH$ ) بعبارية (6.25N)  
 ودرجة حرارة ( $70 \pm 1^\circ C$ ) وذلك بتعليق الكاشف (CR-39)  
 داخل محلول القشط لمدة ثلاث ساعات كما في الشكل (2).



الشكل (2) عملية القشط الكيميائي لكاشف الأثر النووي (CR-39)

وبعد انتهاء مدة القشط يؤخذ الكاشف ليغسل بالماء المقطر ويجفف. ومن ثم يتم الكشف عن الآثار باستخدام مجهر ضوئي بتكبير (400X) وعد الآثار لوحدة المساحة لنحصل على كثافة الآثار ( $\rho$ ).

والشكل (3) يوضح آثار جسيمات ألفا في كاشف الاثر النووي (CR-39).



الشكل (3) آثار جسيمات ألفا في كاشف الأثر (CR-39)

$$(\rho) = \frac{N_{ave}}{A} \dots\dots\dots(1)$$

إذ أن:

$\rho$  : كثافة الآثار (no. of tracks/cm<sup>2</sup>).

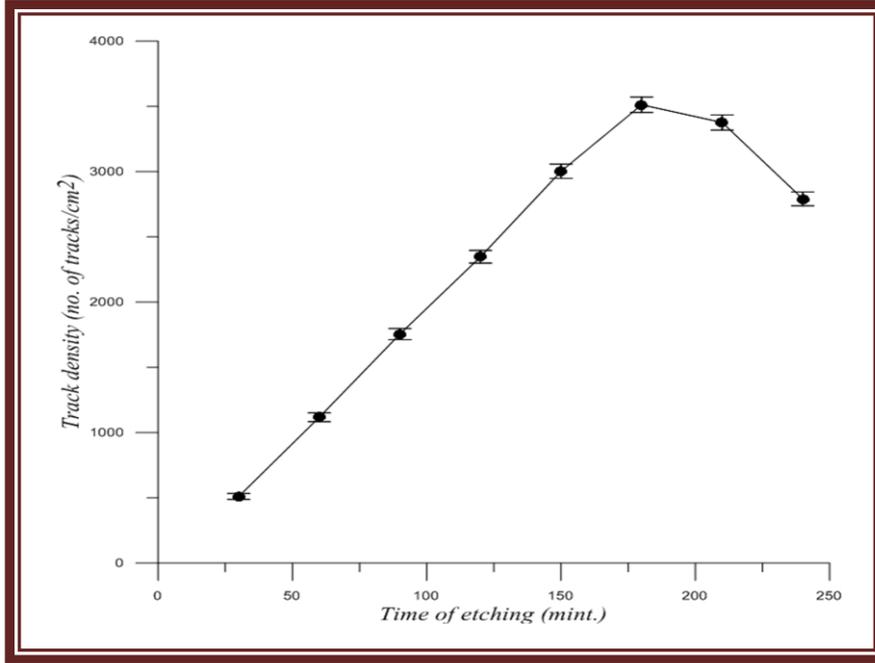
$N_{ave}$  : معدل الآثار الكلية ضمن المساحة (A).

A : مساحة مجال الرؤيا (cm<sup>2</sup>).

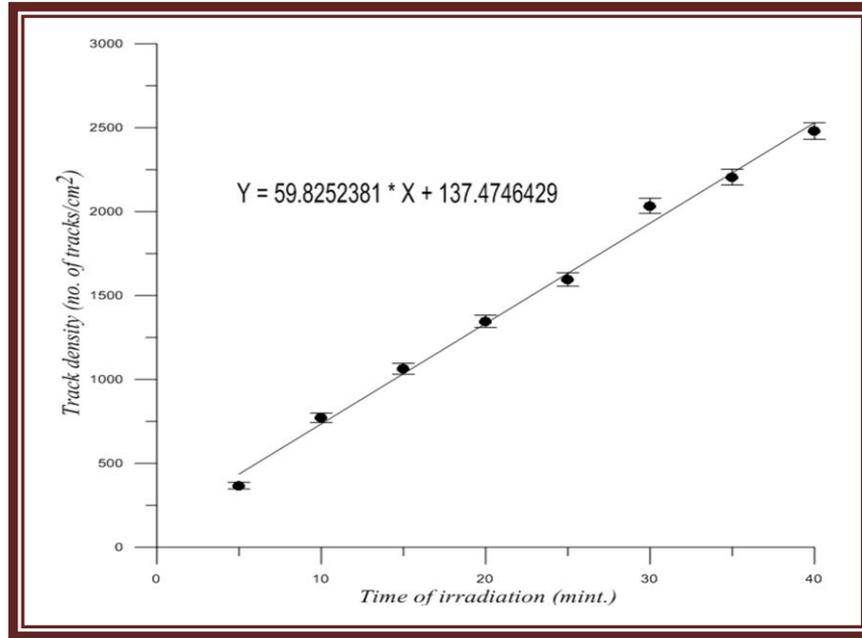
معايرة الكاشف (CR-39) لتحديد الاستجابة وزمن القشط  
 لكي نحسب تراكيز اليورانيوم والراديوم لا بد من فحص  
 استجابة الكاشف للإشعاع وذلك باستخدام المصدر القياسي  
 للراديوم ( $^{226}Ra$ ). تم تشيع الكاشف لأوقات مختلفة مع زمن

قشط ثابت (ساعة واحدة) حيث تم تسجيل حساسية الكاشف للإشعاع خطية كما مبين في الشكل (4).  
للآثار باستخدام المصدر القياسي للراديويم ( $^{226}Ra$ ) وكانت

استجابة  
الكاشف



الشكل (4) العلاقة بين كثافة الآثار وزمن التشعيع لمصدر الراديويم



الشكل (5) العلاقة بين كثافة الآثار وزمن القشط لمصدر الراديويم

الكاشف لأوقات مختلفة مع زمن تشعيع ثابت (15 دقيقة) ومنها تم تحديد أفضل زمن قشط للكاشف وكانت ثلاثة ساعات كما مبين في الشكل (5).

ولكي نحصل على أفضل زمن قشط للكاشف ( $CR-39$ ) ذات سمك  $200 \mu m$  فمن الضروري حساب كثافة الآثار العظمى للكاشف باستخدام المصدر القياسي للراديويم ( $^{226}Ra$ ). تم قشط

المعدنية ولمدة خمسة وثلاثين يوماً (فترة التعرض الطبيعي). من خلال كثافة الآثار المسجلة على الكاشف تم فصل الآثار الناتجة عن الرادون ( $^{222}Rn$ ) عن تلك الناتجة عن الثورون ( $^{220}Rn$ ) وبنفس الأسلوب المستخدم في البحث<sup>[11,12]</sup>. تم حساب التركيز لغازي الرادون والثورون بوحدات ( $Bq/m^3$ ) والذي يعطى بالمعادلة الآتية<sup>[13]</sup>:

$$C_S (Bq/m^3) = K (\rho_S/T_S) \dots \dots \dots (2)$$

الثورون فقد استخدم عامل المعايرة ( $K$ ) ( $K_{Thoron} =$ )  $(track/cm^2)/(Bq.m^{-3}).h$  والذي يعطى من خلال المعادلة الآتية<sup>[13]</sup>:

$$K = C_R T_R / \rho_R \dots \dots \dots (3)$$

تمت المعايرة للكاشف ( $CR-39$ ) لتحديد تراكيز الرادون باستخدام نفس المصدر القياسي للراديوم ( $^{226}Ra$ ) ذو النشاط الإشعاعي ( $A = 2\mu Ci = 7.4 \times 10^4 Bq$ ) والذي يبعث غاز الرادون ( $^{222}Rn$ ) وذلك بوضع الكاشف مع المصدر القياسي للراديوم في علب بلاستيكية مشابهة إلى العلب البلاستيكية المستخدمة لقياس تركيز الرادون في التراب والقطع

إذ أن:

$$C_S : \text{تركيز الرادون والثورون } (Bq/m^3).$$

$K$  : عامل المعايرة.

$\rho_S$  : كثافة الآثار ( $no. of tracks/cm^2$ ) للكاشف المعرض للعينات.

$T_S$  : زمن تعرض الكاشف للعينات.

وقد تم حساب عامل المعايرة ( $K$ ) للمصدر القياسي للراديوم  $^{226}Ra$  (مصدر الرادون) ويساوي  $0.060 \pm 0.005$  ( $K_{Radon} = (track/cm^2)/(Bq.m^{-3}).h$ )، أما بالنسبة لغاز

إذ أن:

$$C_R : \text{التعرض الكلي للراديوم } ^{226}Ra \text{ (مصدر الرادون) والثوروم } ^{232}Th \text{ (مصدر الثورون) بوحد } (Bq/m^3).$$

$T_R$  : زمن تعرض الكاشف للراديوم  $^{226}Ra$  والثوروم  $^{232}Th$ .

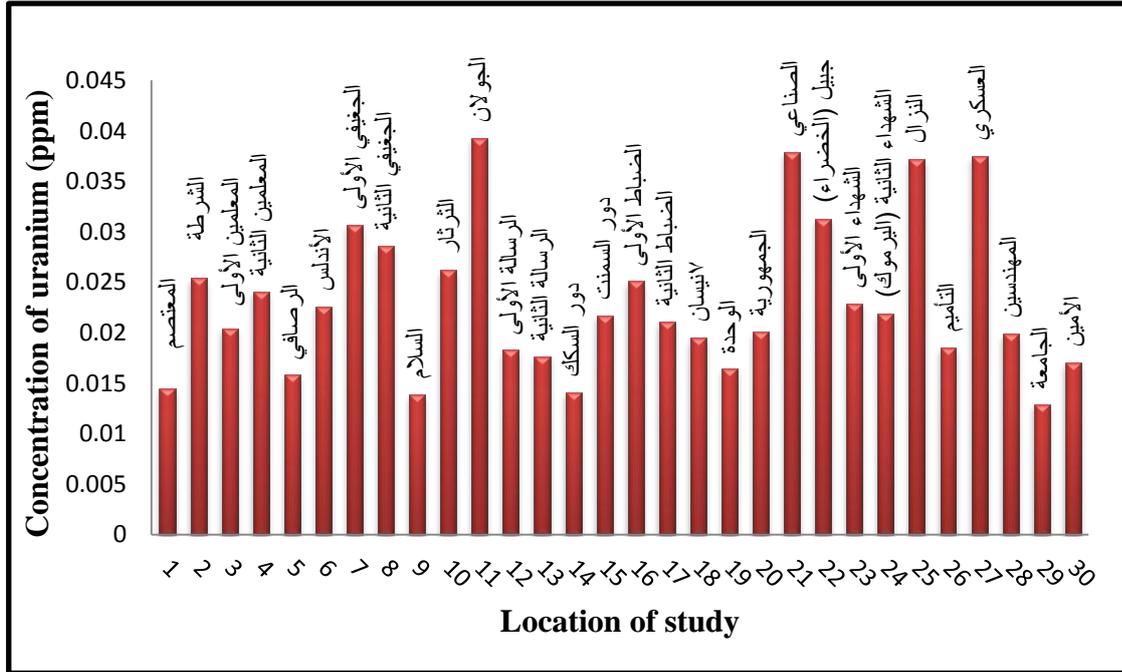
$\rho_R$  : كثافة الآثار ( $no. of tracks/cm^2$ ) للكاشف المعرض للراديوم والثوروم.

### النتائج والمناقشة:

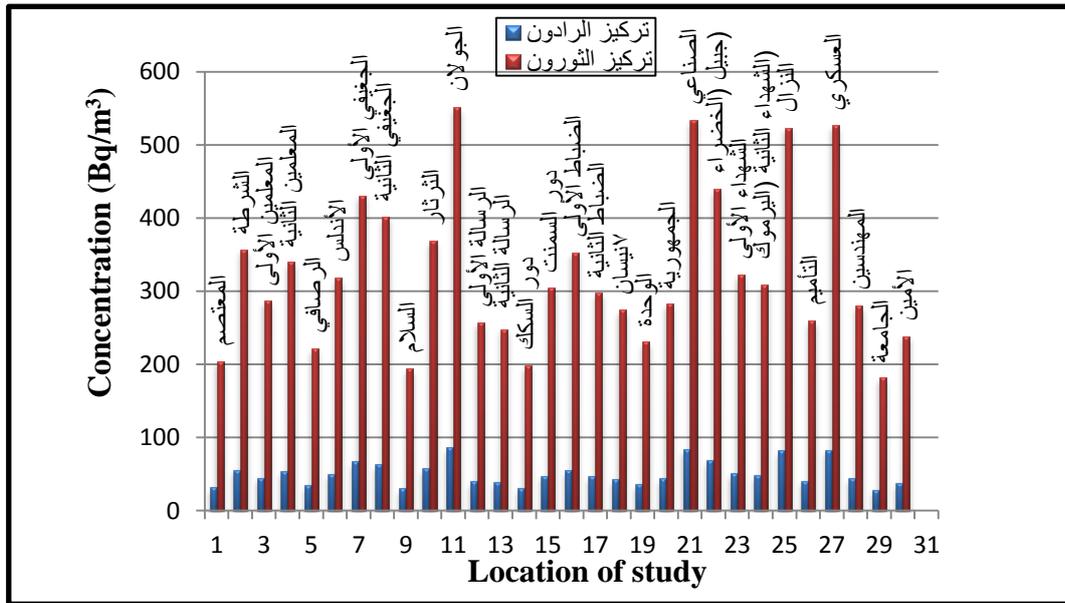
تم في هذه الدراسة استخدام تقنية كواشف الأثر النووي (SSNTDs) في الدراسات البيئية لقياس تراكيز اليورانيوم وغاز الرادون في عينات التربة والقطع المعدنية. وقد تم استخدام الكاشف نوع ( $CR-39$ ) وذلك بسبب ما يتميز به هذا الكاشف من مميزات وتحمله للظروف المناخية القاسية. تم حساب تراكيز اليورانيوم وغازي الرادون والثورون لمناطق الدراسة بعد أن تم تحديد عامل المعايرة ( $K$ ) من خلال المعادلة (3) لتركيز رادون وثورون معلوم. وقد وجدَ إن أعلى تركيز لليورانيوم بوحد ( $ppm$ ) كان في حي الجولان بحدود ( $0.0393 ppm$ ) وأقل تركيز قُدر لليورانيوم بوحد ( $ppm$ ) كان في حي الجامعة بحدود ( $0.0129 ppm$ )، بينما وجدَ معدل تركيز اليورانيوم في مدينة الفلوجة تقريباً بحدود ( $0.0231 ppm$ ) وهو أقل بكثير من قيمة المعدل العالمي المسموح به ( $2-2.8 ppm$ )<sup>[14]</sup>.

الشكل (6) يبين تراكيز اليورانيوم في عينات التربة والقطع المعدنية لمدينة الفلوجة. كما وجدَ إن أعلى تركيز للرادون والثورون كان في حي الجولان بحدود ( $86.55 Bq/m^3$ ) و ( $551.70 Bq/m^3$ ) على التوالي. وأقل تركيز لغازي الرادون والثورون كان في حي الجامعة بحدود ( $28.49 Bq/m^3$ ) و

( $181.74 Bq/m^3$ ) على التوالي، بينما وجدَ معدل تركيز غازي الرادون والثورون في مدينة الفلوجة بحدود ( $50.90 Bq/m^3$ ) و ( $324.47 Bq/m^3$ ) على التوالي، وهو أقل من معدل التعرض المسموح به التي حدده منظمة الصحة الدولية (800)<sup>[15]</sup> ( $Bq/m^3$ ). الشكل (7) يبين تراكيز غازي الرادون والثورون في عينات التربة والقطع المعدنية لمدينة الفلوجة. ظهر وجود تفاوت كبير في قيم التراكيز للمناطق المدروسة وذلك يعود إلى بُعدها عن موقع التلوث فضلاً عن ذلك ظروف مناخية كالأمطار والرياح، أن مخاطر غاز الرادون لا يكمن في كونه عنصر مشع فحسب بل لكونه غاز يستطيع أن ينتشر لمساحات واسعة بالإضافة إلى تحول الرادون بعد فترة (3.83) يوم إلى عنصر البولونيوم الباعث لجسيمات ألفا فيترسب البولونيوم على النباتات وفي البيوت مما يشكل خطورة على السكان. من خلال النتائج التي تم التوصل إليها في البحث نستنتج أن مدينة الفلوجة لم تتعرض إلى القصف باليورانيوم المنضب. من الممكن الكشف عن الإشعاع بطرق أخرى والتي تشمل مجالات كبيرة من الإشعاع مثل بيتا وكاما لمعرفة أن كانت هنالك عناصر مشعة أخرى غير اليورانيوم ووليداته.



الشكل (6) تركيز اليورانيوم في عينات التربة والقطع المعدنية لمدينة الفلوجة



الشكل (7) تركيز الرادون والثورون في عينات التربة والقطع المعدنية لمدينة الفلوجة

[4].Cliff K.D., " Postgraduate Radiological Protection Course ", Lec. L173, Harwel, G. Britain, (1982).

[5] غسان عبدالله علي، " الرادون وتأثيره على البيئة والإنسان "، نشرة الذرة والتنمية ، المجلد(11)، العدد(33)، (1993).

[6].Jonsson G., " Radon Gas Wherefromand What to Do ", Radiat. Meas., Vol.25, No.1-4, pp. 537-546, (1995).

[7]خالد عبيد الأحمد، " مقدمة في الفيزياء الصحية "، وزارة التعليم العالي والبحث العلمي، جامعة الموصل، (1993).

#### المصادر:

- [1]International Atomic Energy Agency (IAEA), " The Environment Behavior of Radium ", Technical Reports Series, Vol.1, No.310, p.192, Vienna , (1990).
- [2].Argonne National Laboratory, EVS, " Natural Decay Series: Uranium, Radium and Thorium ", Human Health Fact Sheet, August (2005).
- [3].Wise Uranium Project., " Uranium Radiation Properties ", 26 May, Vienna, (2002).

- Region Soils using CR-39 Plastic Track Detector ", M.Sc. Thesis, University of Koya, College of Science, (2008). [13]. O. M. EL-Ghossain, and Read M. Abu Saleh, " Radiation Measurement in Soil in the middle of Gaze – Strip Using different type of Detector ", The Islamic University Journal (Series of Natural Studies and Engineering), Vol.15, No.1, pp.23-27, (2007).
- [14]. Michalaras Tzortzis and Haralabos Tsertos, " Determination of Thorium, Uranium, and Potassium elemental Concentrations in Surface Soil in Cyprus ", Department of Physics, University of Cyprus, P. O. Box.20537, (2004).
- [15]. World Health Organization (WHO), " Guidelines for Drinking-Water Quality ", 2nd., Geneva, (1993).
- [8]. Juan M. B., María A. B., Alberto R.R., and Adolfo F., " American Journal of Epidemiology ", Vol.156, No.6, pp.548-555, (2002).
- [9] عبدالعزيز عمر بازهير، " تحديد تراكيز اليورانيوم في نماذج الصخور اليمينية باستخدام تقنيات نووية "، أطروحة دكتوراه، جامعة بغداد، كلية التربية (ابن الهيثم)، (2000).
- [10]. Durrani S. A. and Bull R. K., " Solid State Nuclear Track Detection Principles, Methods and Application ", New York, (1987).
- [11]. Fleischer R. L. and Campero A. M., " Mapping of Integrated Radon Emanation for Detection of Long – Distance Migration of Gases Within the Earth: Techniques and Principles ", Journal of Geophysical Research, Vol.83, No.137, pp.3539-3548, (1978).
- [12]. Najeba F. S., " Measurement of Radon and Thoron Concentration in Iraqi Kurdistan

## Studying the Radiation Contamination in the Soil and War Waste in the Falluja City Using the Solid State Nuclear Track Detectors (SSNTDs) CR-39.

Nabeil Ibrahim Fawaz

Ahmed Mudhafar Ahmed

E.mail: [dean\\_coll.science@uoanbar.edu.iq](mailto:dean_coll.science@uoanbar.edu.iq)

### Abstract:

In this paper practical study have been made to estimate the uranium ( $^{238}U$ ) concentration through the measurement of the radon gas ( $^{222}Rn$ ) concentration for different samples include soils and pieces of metals from different locations at AL-Falluja City which it was became one of the military operations, via detecting alpha particles that emits from radon gas using (SSNTDs) (CR-39). The maximum for the uranium and radon gas concentration has been found to be nearly { (0.0393 ppm) } and { (86.55 Bq/m<sup>3</sup>) } respectively, in al golan quarter. Minimum has been found in Al gameia quarter and estimate to be nearly { (0.0129 ppm) } and { ( 28.49 Bq/m<sup>3</sup>) } respectively. There is no radiation Contamination caused by uranium and its daughters in the Falluja City, so we may conclude that this city does not attacked with depleted Uranium bombs.